

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-167435  
(P2000-167435A)

(43) 公開日 平成12年6月20日 (2000. 6. 20)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
B 0 3 C	3/38	B 0 3 C	4 D 0 5 4
	3/02		A
			B
	3/155	H 0 1 T	23/00
H 0 1 T	23/00	B 0 3 C	3/14
			A
		審査請求	未請求 請求項の数4 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-345104

(22) 出願日 平成10年12月4日 (1998. 12. 4)

(71) 出願人 000000239

株式会社荏原製作所

東京都大田区羽田旭町11番1号

(72) 発明者 藤井 敏昭

神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株

式会社荏原総合研究所内

(74) 代理人 100089428

弁理士 吉嶺 桂 (外1名)

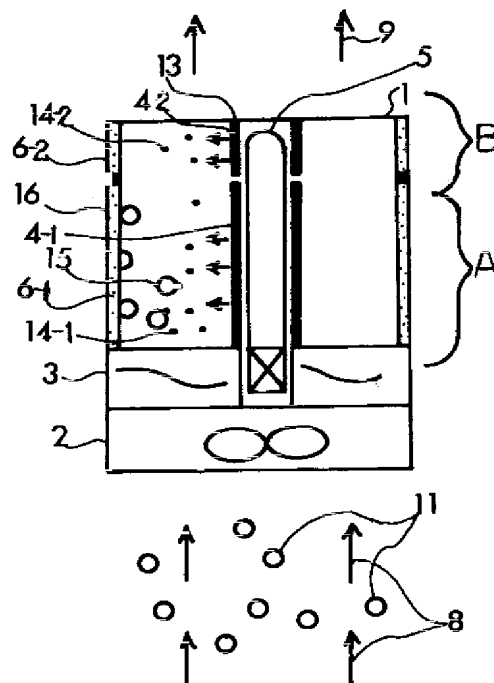
Fターム(参考) 4D054 AA11 BA06 BA17 BC31 EA01  
EA27

(54) 【発明の名称】 負イオンの発生方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】 清浄な負イオンが、効果的に外部の空間中に発生できる負イオン発生方法及びその装置を提供する。

【解決手段】 空間中に、光電子放出材14と電場用電極6と該光電子放出材に紫外線及び／又は放射線を照射する照射源5とを有する負イオンの発生装置1において、該光電子放出材4と電場用電極6とは、粒子除去による清浄化用4-1、6-1と負イオン発生用4-2、6-2の異なった電場を形成する二つの部分からなることとしたものであり、前記空間には、さらに、負イオン発生気体を清浄化させるための光触媒及び／又は吸着材を設置することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】空間中で、光電子放出材と電場用電極の間に電場を形成し、該電場下に光電子放出材に紫外線及び／又は放射線を照射する負イオンの発生方法において、該光電子放出材と電場用電極間には、粒子除去による清浄化用と負イオン発生用の二つの異なった電場を形成することを特徴とする負イオンの発生方法。

【請求項2】前記空間は、光触媒及び／又は吸着材の設置による気体の清浄化によって、清浄化されていることを特徴とする請求項1記載の負イオンの発生方法。

【請求項3】空間中に、光電子放出材と電場用電極と該光電子放出材に紫外線及び／又は放射線を照射する照射源とを有する負イオンの発生装置において、該光電子放出材と電場用電極とは、粒子除去による清浄化用と負イオン発生用の異なった電場を形成する二つの部分からなることを特徴とする負イオンの発生装置。

【請求項4】前記空間には、負イオン発生気体を清浄化させるための光触媒及び／又は吸着材が設置されていることを特徴とする請求項3記載の負イオンの発生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、負イオンの発生に係り、特に、光電子放出材に紫外線及び／又は放射線を照射することによる負イオンの発生方法と装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、負（陰）イオンを発生せしめる方法としては、電極にマイナスの高電圧を印加する方法が知られているが、この方法はオゾンの発生や微粒子の発生の問題があった。また、高電圧の電気をを用いるので安全性に問題があった。このため、これらの問題点を解決した新規な方法の出現が期待されていた。即ち、快適な作業空間（アメニティ）の分野では、オゾンレスで生体の代謝機能や生理機能を衰えさせない、生体について快適でクリーンな空間が要求されている。また、半導体や液晶等先端産業の分野では、微粒子やガス状汚染物質（例、有機性ガス、 $\text{NH}_3$ ）が存在しないオゾンレスで電気的に安定な（電位が低い）超清浄な空間（作業空間）が要求されている。

【0003】現状の作業空間においては、正負の両イオンが存在するが、作業内容や自然現象等により正イオンが過剰となる場合が多かった。この原因の1つとして、負イオンは正イオンに比べて移動度が大きい（移動速度が早い）ので、負イオンは早く移動するので消費されてしまう。その結果として、正イオンが過剰になってしまうと考えられる。即ち、

- (1) 密閉された室内や作業空間では負イオンが極端に減少する。
- (2) 気流により通常の浮遊微粒子は正に帯電する。
- (3) 半導体工場のクリーンルームでは、高圧電源に

よる空間放電や作業場での分子摩擦等で、正に帯電した微粒子や空気分子が多い。

また、ガス状汚染物質の制御（除去、管理）は、不十分であった。この様な雰囲気では、製品の歩留まりの低下（例、静電気発生による粒子汚染の拡大、基板への有機物（ガス状汚染物質）汚染による静電気障害の拡大）をもたらす。

【0004】また、人は負イオン濃度の低下により体調に変化を生ずるといわれる。（不調になる）。即ち、人体は無数の細胞から形成されており、個々の細胞は細胞で包まれていて、細胞はその膜を通して栄養分を吸収したり、老廃物を排出したりして活動を行っている。この細胞は外側が正イオン、内側が負イオン性を帯び、負イオンが減少し正イオンが過剰となると、栄養分の吸収や老廃物の排出が困難となる現象が起き、新陳代謝を悪くし、生理機能の衰えの原因となると考えられている。このような現状に対して、本発明者らは、光電子放出材を用いた負イオン発生法を先に提案した。提案した発明を次に例示する。

(1) 特公平8-10616号公報、(2) 特開平7-57643号公報、(3) 特開平7-293939号公報

提案したこれらの方法及び装置は、利用先によっては効果的であるが、利用先によっては、更に改善を行い実用性を向上させる必要がある。

【0005】これらの方法の改善点を説明する。図8は、粒子除去と負イオン発生を行う空気清浄器（快適空気発生器）の概略構成図である（特開平7-293939号公報）。該空気清浄器は、空気の吸引と吐出を行うためのファン2、粗フィルタ3と、光電子放出材4-1、紫外線ランプ（殺菌ランプ）5-1、光電子放出用電極6-1、荷電粒子捕集用電極板7より成る光電子による微粒子の荷電・捕集部（A）と、その後方に網状光電子放出材4-2、紫外線ランプ（殺菌ランプ）5-2、光電子放出用電極6-2より成る負イオン発生部（B）より構成される。夫々の作用について説明する。粗フィルタ3は、空気中の粗い粒子状物質の捕集を行うものである。微粒子の荷電・捕集部（A）は、電場下（50V/cm）で光電子放出材4-1に紫外線ランプ5-1からの紫外線を照射することにより光電子を発生させ、該光電子により微粒子を荷電し、荷電微粒子を荷電粒子捕集用電極材7で捕集・除去するものである。電極（正）6-1は、光電子放出材（負）4-1との間に電場を形成するためのものである。

【0006】また、負イオン発生部（B）は、電場下で網状光電子放出材4-2に紫外線ランプ5-2からの紫外線を照射することにより光電子を発生させ、該光電子により負イオンを生成させるものである。8は入口空気、9は負イオン富化の除塵空気である。このような構成となっており、負イオン富化空気9は、光電子による

微粒子の荷電・捕集部(A)の後方に、個別に負イオン発生部(B)を設置する必要がある、装置の大型化、コスト高、保守点検の複雑化等の問題があり、改善の余地があった。また、上記では除塵された負イオンが得られるが、用途、適用装置によっては、更にガス状汚染物質の除去が必要となり、改善の余地があった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記従来技術の問題点を解決し、清浄な(汚染物質が捕集・除去された)負イオンが効果的に外部の空間中に発生できる負イオン発生方法及びその装置を提供することを課題とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明では、空間中で、光電子放出材と電場用電極の間に電場を形成し、該電場下に光電子放出材に紫外線及び/又は放射線を照射する負イオンの発生方法において、該光電子放出材と電場用電極間には、粒子除去による清浄化用と負イオン発生用の二つの異なった電場を形成することとしたものである。また、本発明では、空間中に、光電子放出材と電場用電極と該光電子放出材に紫外線及び/又は放射線を照射する照射源とを有する負イオンの発生装置において、該光電子放出材と電場用電極とは、粒子除去による清浄化用と負イオン発生用の異なった電場を形成する二つの部分からなることとしたものである。前記本発明において、空間には、負イオン発生気体を清浄化させるための光触媒及び/又は吸着材が設置され、該空間が清浄化されているのがよい。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明は、次の4つの知見に基づいてなされたものである。

(1) 電場下で、光電子放出材に紫外線及び/又は放射線を照射すると、該光電子放出材から光電子が放出され、放出された光電子は負イオンに変化する。〔(a)特公平8-10616号公報、(b)エアロゾル研究、第8巻、第3号、P239~248、1993〕。該負イオン(負イオン富化気体)は、オゾンレスであるので、各分野に好適に利用できる。例えば、

- ① 半導体、液晶・精密機械産業における過剰な正イオンの中和ができる。
- ② アメニティ、即ち負イオン富化の空間は、人体に対して快適感(爽快感)が得られる。
- ③ また、食品分野では、食品類の鮮度維持、菌類の増殖防止に利用できる。負イオンの利用に当たっては、利用先、装置種類によって清浄化された(粒子状物質やガス状物質が除去)負イオン富化気体が有用である(実用上好ましい)。

【0010】(2) 本発明者らが既に提案しているUV/光電子法〔例、前記(1)の文献(b)、(c)エバラ時報、No. 164、P11~19、1994〕

は、粒子除去に効果的であり、ファンレスであるため無騒音な空気処理ができること、オゾンレスなど2次汚染物質の発生がないことなどの長所がある。また、紫外線ランプを用いているので、近傍に光触媒を設置すると光触媒作用により、有害ガス(例、有機ガス)や臭気性ガスが同時に除去される〔例、(d)空気清浄、第35巻、第3号、P51~58、1997、(e)エバラ時報、No. 180、P3~41、1998〕。また、吸着材を用いる清浄化部を付加することにより、有害ガスや臭気ガスが同時処理される。上記清浄化手段としての光触媒、吸着材としての活性炭やイオン交換繊維の付加は、適用先(装置種類や形状)、要求仕様、経済性により、UV/光電子法に付加することができる。

【0011】(3) 従来の負イオンの発生法として、コロナ放電では発生するオゾンによりマイナス効果があるため、オゾンレスの負イオンが実用上必要である〔(f)第12回エアロゾル科学・技術研究討論会、p. 120~122、1995、(g)空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、p. 1065~1068、1995〕。UV/光電子法による負イオンの発生は、空気中の微粒子(粒子)濃度を予め1,000万個/f<sup>3</sup>以下にしておくと、効果的である(特開平7-293939号公報)。これは、放出負イオンは粒子状物質が高濃度共存すると、該粒子状物質に捕集(消費)され、減少するためである。

(4) 負イオンの利用では、除塵された負イオン富化空気が好ましい。そのため、光電子を用いる方式では、除塵と負イオン発生を行うために、前方に光電子による除塵部を設置し、次いで後方に、負イオン発生部を設置していた(図8参照)。これに対して、光電子を用いる微粒子の荷電部にあける電極(電場)を粒子除去用と負イオン対出用の2つの部分で構成することにより、コンパクトな装置で負イオンが外に放出できる。

【0012】次に、本発明の夫々の構成を詳細に説明する。光電子放出材は、粒子(粒子状物質)の荷電・捕集のための光電子の発生及び/又はその後方における負イオン発生を行う目的で用いる。光電子放出材は、紫外線及び/又は放射線の照射により光電子を放出するものであれば何れでも良く、光電的な仕事関数が小さなもの程好ましい。効果や経済性の面から、Ba, Sr, Ca, Y, Gd, La, Ce, Nd, Th, Pr, Be, Zr, Fe, Ni, Zn, Cu, Ag, Pt, Cd, Pb, Al, C, Mg, Au, In, Bi, Nb, Si, Ti, Ta, U, B, Eu, Sn, P, Wのいずれか又はこれらの化合物又は合金又は混合物が好ましく、これらは単独で又は2種以上を複合して用いられる。複合材としては、アマルガムの如く物理的な複合材も用いうる。

【0013】例えば、化合物としては酸化物、ほう化物、炭化物があり、酸化物にはBaO, SrO, Ca

O,  $Y_2O_5$ ,  $Gd_2O_3$ ,  $Nd_2O_3$ ,  $ThO_2$ ,  $ZrO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $ZnO$ ,  $CuO$ ,  $Ag_2O$ ,  $La_2O_3$ ,  $PtO$ ,  $PbO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $In_2O_3$ ,  $BiO$ ,  $NbO$ ,  $BeO$ などがあり、またほう化物には、 $YB_6$ ,  $GdB_6$ ,  $LaB_5$ ,  $NdB_6$ ,  $CeB_6$ ,  $EuB_6$ ,  $PrB_6$ ,  $ZrB_2$ などがあり、さらに炭化物としては  $UC$ ,  $ZrC$ ,  $TaC$ ,  $TiC$ ,  $NbC$ ,  $WC$  などがある。また、合金としては黄銅、青銅、リン青銅、 $Ag$  と  $Mg$  との合金 ( $Mg$  が 2~20wt%)、 $Cu$  と  $Be$  との合金 ( $Be$  が 1~10wt%) 及び  $Ba$  と  $Al$  との合金を用いることができ、上記  $Ag$  と  $Mg$  との合金、 $Cu$  と  $Be$  との合金及び  $Ba$  と  $Al$  との合金が好ましい。酸化物は金属表面のみを空气中で加熱したり、或いは薬品で酸化することによっても得ることができる。

【0014】さらに、他の方法としては、使用前に加熱し、表面に酸化層を形成して長期にわたって安定な酸化層を得ることもできる。この例としては、 $Mg$  と  $Ag$  との合金を水蒸気中で 300~400℃の温度の条件下で、その表面に酸化膜を形成させることができ、この酸化膜は長期間にわたって安定なものである。これらの物質は、バルク状(固体状、板状)で、また適宜の母材(支持体)へ付加して使用できる(特開平3-108698号公報)。例えば、紫外線透過性物質の表面又は該表面近傍に付加する(特公平7-93098号公報)こともできる。付加の方法は、紫外線及び/又は放射線の照射により光電子放出されれば何れでも良い。

【0015】例えば、ガラス板上へコーティングして使用する方法、他の例として板状物質表面近傍へ埋込んで使用する方法や、板状物質上に付加し更にその上に別の材料をコーティングして使用する方法、紫外線透過性物質と光電子を放出する物質を混合して用いる方法等がある。また、付加は、薄膜状に付加する方法、網状、線状、粒状、島状、帯状に付加する方法等適宜用いることが出来る。光電子を放出する材料の付加の方法は、適宜の材料の表面に周知の方法でコーティング、あるいは付着させて作ることができる。例えば、イオンプレーティング法、スパッタリング法、蒸着法、CVD法、メッキによる方法、塗布による方法、スタンプ印刷による方法、スクリーン印刷による方法を適宜用いることができる。

【0016】薄膜の厚さは、紫外線又は放射線照射により光電子が放出される厚さであれば良く、5Å~5,000Å、通常20Å~500Åが一般的である。母材の使用形状は、板状、プリーツ状、円筒状、棒状、線状、網状、繊維状、ハニカム状等があり、表面の形状を適宜凹凸状とし使用することが出来る。また、凸部の先端を先鋭状あるいは球面状とすることも出来る(特公平6-74908号公報)。母材への薄膜の付加は、本発明者らが既に提案したように、1種類又は2種類以上の材料を1層又は多層重ねて用いることができる。即ち、薄膜

を適宜複数(複合)で使用し、2重構造あるいはそれ以上の多重構造とすることができる(特開平4-152296号公報)。光電子放出材は、後述の光触媒と一体化して用いると光電子放出材がセルフクリーニング、即ち汚染物質が付着しても除去されるので適用先によっては好ましい。このような材料として、 $Ti$  材を酸化し、 $TiO_2$  を生成させ、その上に  $Au$  を付加したものがある。

【0017】前記において、光電子放出材の形状は、処理気体を通過させる形状が好ましい。このような形状として網状、繊維状、線状がある。該形状の光電子放出材を用い処理気体を通り抜けるように設置すると、後述の光電子放出用の電場が弱くて良い利点を生ずる。これらの最適な形状や紫外線及び/又は放射線の照射により光電子を放出する材料の種類や付加法、薄膜厚は、装置の種類、規模、形状、光電子放出材の種類、母材の種類、後述電場の強さ、かけ方、効果、経済性等で適宜予備試験を行い決める事ができる。前記光電子放出材を母材に付加して使用する場合の母材は、前記した紫外線透過性物質の他にセラミック、粘土、周知の金属材がある。また、後述の光源の表面に上記光電子放出材を被覆(光源と光電子放出材を一体化)して行うこともできる(特開平4-243540号公報)。

【0018】次に、光電子放出材への紫外線及び/又は放射線の照射のための照射源について述べる。該照射源は、電場下での光電子放出材への照射により、光電子を発生させるものであれば良い。また、光触媒の付加を行う場合は、該照射により、光触媒が光触媒作用を発揮するものであればよい。紫外線源からの放出紫外線は、光電子放出材から快適性を有する負イオンを発生させると同時に、光触媒への照射により、光触媒が光触媒作用を発揮するようになり、本発明の特徴の1つである。このような、紫外線源は、通常、水銀灯、水素放電管、キセノン放電管、ライマン放電管などを適宜使用出来る。光源の例としては、殺菌ランプ、ブラックライト、蛍光ケミカルランプ、UV-B紫外線ランプ、キセノンランプがある。

【0019】この内、殺菌ランプ(波長:254nm)は、粒子(粒子状物質)に共存する浮遊菌類、微生物類などに殺菌(滅菌)作用があることから好ましい。即ち、紫外線源として殺菌ランプを用いることにより、粒子状物質の捕集・除去と同時に、捕集部に捕集された各種菌類、微生物類への照射による完全殺菌(滅菌)が実施されるので、適用先(装置の種類)や要求性能によっては好ましい。放射線の照射は、その照射により光電子放出材が光電子を放出しうるものであれば何れでもよく、従来周知の方法で照射できる。例えば、放射線としては $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線などが用いられ、照射手段としてコバルト60、セシウム137、ストロンチウム90などの放射性同位元素、又は原子炉内で作られる放射性廃

棄物及びこれに適当な処理加工した放射性物質を線源として用いる方法、原子炉を直接線源として用いる方法、電子線加速器などの粒子加速器を用いる方法などを利用する。光電子放出材への紫外線及び／又は放射線の照射による光電子の発生は、光電子放出材（負極）と、後述の電極（正極）間に電場（電界）を形成して行くと、光電子放出材からの光電子が効果的に起こる。

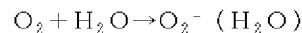
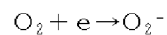
【0020】次に、本発明の特徴である電極について説明する。該電極は、電場下で前記の光電子放出材から光電子の発生を効果的に起こすために設置され、前方（上流）では光電子（負イオン）を発生させ、それによる荷電とともに、荷電粒子を効果的に捕集する役目を有す。一方、後方（下流）の電極では、負イオンの外部への放出を行うものである。即ち、光電子放出材と電極間の電場が、前方では粒子除去用（粒子除去部）、後方では負イオン発生用（負イオン発生部）と2つに大別される部分で構成されており、本発明の特徴である。この様な電極は、導電性で不純物（汚染物質）の発生がないもので、形状として、板状、網状、波状、プリーツ状、ウール状、多孔状など周知の形状の導電性材料、例えば、SUS、アルミニウム、タングステン、ニッケル、銅、Cu-Zn材を適宜に用いることができる。

【0021】これらの電極において、前方の電極は上記のように荷電粒子の捕集の役目を有するものであり、このための電極は、粒子の荷電及び荷電粒子の捕集の2つの機能を長時間にわたり効果的に行えるものであれば良い。このための電極は、特に表面の形状が凹凸状、波状、プリーツ状、ウール状、多孔状のように表面積が広い方が好ましい。特に好ましくは、表面が凹凸状あるいは多孔状のものが良い。この形状の電極は、周知の導電性材料を適宜組合わせて作ることができる。例えば、①メッシュサイズの異なる網を積層させた材料、②網をコルゲート（ひだ）加工し、コルゲートの方向に角度をもって交わるように加工した材料（コルゲート加工した複数の網を、表面積が広がるように積層させた材料）、③線状金属の変形（曲げた形状）加工により、3次元網目状骨格をなした導電性金属多孔体、等がある。

【0022】次に、後方の電極について述べる。該電極は、負イオン発生のためのものであり、ここでの負イオンの発生は、流入する処理気体中の粒子状物質の濃度を上記の前方で1,000万個/f t<sup>3</sup>、好ましくは100万個/f t<sup>3</sup>以下まで捕集・除去した後に行うのが良い。これは、粒子状物質濃度を1,000万個/f t<sup>3</sup>以下、好ましくは100万個/f t<sup>3</sup>以下とすることにより、出口部分での負イオン発生が効果的になるためである。粒子状物質濃度を予め低減すると、負イオンの生成が効果的になる理由の詳細は不明であるが、1つの理由として共存する粒子濃度が多いと、放出された光電子が該粒子に消費されるためと考えられる。即ち、本発明の快適性を創出するための負イオンは、以下反応式のよ

うに、微細なサイズの物質の帯電物質であるため、保有する電荷は少なく1価と考えられる。これに対し、粒子、例えば0.1～1μm程度の室内浮遊粒子は5～10価のように多く電荷を保有してしまうので、放出負イオンは該粒子に消費されてしまう。

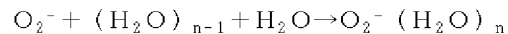
【0023】負イオン発生部は、気体中粒子濃度が1,000万個/f t<sup>3</sup>以下、好ましくは100万個/f t<sup>3</sup>以下となった気体を、負イオン濃度3,000個/ml～10万個/mlとするところである。負イオンを該濃度に高めると、快適性（例、人に対してはそう快感、食品や植物に対しては、鮮度維持）が向上する。ここで、負イオンの生成は、光電子が電子親和性の大きい水分子や酸素分子との電子付着やクラスタリングにより、O<sub>2</sub><sup>-</sup>（H<sub>2</sub>O）<sub>n</sub>、O<sup>-</sup>（H<sub>2</sub>O）<sub>n</sub>、OH<sup>-</sup>（H<sub>2</sub>O）<sub>n</sub>などの負イオンクラスターを作るためと考えられる。これらの反応を次に示す。



・

・

・



【0024】負イオンの発生は、上記粒子濃度の気体を、電場下で光電子放出材への紫外線照射により効果的に行われる。上記の電場の強さは、前方の粒子除去部では気体中の粒子の荷電と捕集を同時に行うため、0.5KV/cm以上あれば効果的であり、0.5～10KV/cmが実用上好ましい範囲である。即ち、一般に10KV/cm以上の印加では電極形状によっては放電現象を起こしたり、高電圧のため絶縁構造が複雑になるためである。一方、後方の負イオン発生部では、負イオン発生のみで良いことから弱くてよく、0.1V/cm～100V/cmが実用上好ましい範囲である。上記のそれぞれの好適な電場の強さは、装置形状、要求性能等により、適宜の電極を選定し、予備試験を行い、決めることができる。

【0025】次に、光触媒の設置（光触媒による清浄化）について説明する。光触媒は、前記の粒子除去部、負イオン発生部に設置でき、紫外線及び／又は放射線の照射により、気体中の粒子状物質に共存するガス状汚染物質（有害ガス・臭気性ガス）を分解・除去するものであれば何れでも良い。光触媒は、通常、半導体材料が効果的であり、容易に入手出来、加工性も良いことから好ましい。効果や経済性の面から、Se, Ge, Si, Ti, Zn, Cu, Al, Sn, Ga, In, P, As, Sb, C, Cd, S, Te, Ni, Fe, Co, Ag, Mo, Sr, W, Cr, Ba, Pbのいずれか、又はこれらの化合物、又は合金、又は酸化物が好ましく、これらは単独で、また2種類以上を複合して用いる。

【0026】例えば、元素としてはSi, Ge, Se、

化合物としてはAlP, AlAs, GaP, AlSb, GaAs, InP, GaSb, InAs, InSb, CdS, CdSe, ZnS, MoS<sub>2</sub>, WTe<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>, MoTe, Cu<sub>2</sub>S, WS<sub>2</sub>、酸化物としてはTiO<sub>2</sub>, Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CuO, Cu<sub>2</sub>O, ZnO, MoO<sub>3</sub>, InO<sub>3</sub>, Ag<sub>2</sub>O, PbO, SrTiO<sub>3</sub>, BaTiO<sub>3</sub>, Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, FeO<sub>3</sub>, NiOなどがある。光触媒の固定化は、適宜の材料（母材）に蒸着法・スパッタリング法、焼結法、ゾルゲル法、塗布による方法、焼付け塗装による方法など、周知の付加方法を適宜に用いることができる。付加の形状は、薄膜状、線状、網状、帯状、くし状、粒状、島状などを後述母材などにより適宜に選択し、用いることができる。上記TiやZnは、例えば板状Tiを酸化することにより、光触媒とすることができるので、装置の種類によっては好適に使用できる。

【0027】光触媒の固定化の例として、光触媒を母材として、公知の導電性材料、例えばSUS、Cu-Zn、Al、又はセラミック、フッ素樹脂、ガラスあるいはガラス状物質の表面へコーティングしたり、光触媒を板状、粒状、島状、線状、網状、膜あるいは繊維状などの適宜の材料にコーティングしたり、あるいは包み、又は挟み込んで固定して用いてもよい。例として、ゾルゲル法によるガラス板への二酸化チタンのコーティングがある。光触媒は、粉体状のままでも用いることができるが、焼結、蒸着、スパッタリングなどの周知の方法で適宜の形状にして用いることができる。また、光触媒作用の向上のために、上記光触媒にPt, Ag, Pd, RuO<sub>2</sub>, Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>の様な物質を加えて使用することも出来る。該物質の添加は、光触媒作用が促進されるので好ましい。これらは、1種類又は複数組合せて用いることができる。通常、添加量は、光触媒に対して、0.01～10重量%であり、適宜添加物質の種類や要求性能などにより、予備試験を行い適正濃度を選択することができる。添加の方法は、含浸法、光還元法、スパッタ蒸着法、混練法など周知手段を適宜用いることができる。

【0028】光触媒の粒子除去部や負イオン発生部への設置は、紫外線源及び／又は放射線源からの紫外線及び／又は放射線が効果的に照射される位置、設置方法であれば何れでも良い。例えば、(1)前記光電子放出材との一体化（特願平8-132563号）があり、例を挙げると、前記母材上への光電子を放出する物質と光触媒とを付加する方法、光電子を放出する物質上へ光触媒を付加する方法、光触媒上へ光電子を放出する物質を付加する方法がある。他の例として、(2)前記電場用電極材との一体化（特願平8-231290号）があり、例を挙げると、SUS材へ網状あるいは島状に光触媒を付加（SUSが正極）する方法、セラミックへ膜状に光触媒を付加し、目のあらい網状のSUS材で挟み込む（SUSが正極）方法、(3)空気の流れる空間中への光触媒の設置方法、(4)紫外線ランプ上へ被覆する方法

（特願平8-31231号）等があり、利用先、装置のタイプ、処理空気の条件（濃度）、要求性能等により、適宜予備試験を行い、決めることができる。通常、ガス状汚染物質（例、炭化水素）の濃度が高い場合は、粒子状物質の荷電部の前方に光触媒の設置を行うと良い。即ち、該部分に光触媒を設置することにより、ガス状汚染物質が予め除去されるので、光電子放出材への炭化水素などの有害物質の付着がなくなるので、性能低下を防止することができ好ましい。ガス状汚染物質が高い場合は好ましい形態である。

【0029】次に、吸着材の設置（吸着材による清浄化）について説明する。吸着材としては、気体中におけるNO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、HCl、HFのような酸性ガス、アンモニア、アミンのようなアルカリ性ガスを、低濃度まで効率良く捕集する材料であれば良い。このような吸着材として、シリカゲル、ゼオライト、アルミナ、活性炭、イオン交換繊維があり、この内、活性炭、イオン交換繊維が効果的であることから好ましい。活性炭としては、捕集成分（対象ガスの種類）あるいはイオン交換繊維を組合せる方法などにより、適宜、酸やアルカリの添着炭を用いることができる。活性炭は、周知の材料を用いることができる。上記吸着材の形状は、適宜の形状で用いることができるが、一般に繊維状、網状、ハニカム状が圧力損失が少ないことから好ましい。

【0030】次に、イオン交換繊維について説明する。イオン交換繊維は、ガス状汚染物質として気体中のNH<sub>3</sub>、アミンのような塩基性物質やSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、HF、HClのような酸性物質などのイオン性汚染物質の捕集・除去に効果的である。これは天然繊維もしくは合成繊維又は、これらの混合体等の支持体表面に陽イオン交換体もしくは陰イオン交換体、又は陽イオン交換基と陰イオン交換基を併有するイオン交換体を支持させたものであり、その方法としては繊維状の支持体に直接支持させてもよく、織物状、編物状又は植毛状の形態にしたのち、これに支持させることもできる。また、ハニカム状母材に、イオン交換体を支持させても良い。いずれにしても最終的にイオン交換体を支持した繊維状のような圧損の少ない形状となっていればよい。

【0031】本発明に用いる、イオン交換繊維の製法として、グラフト重合、特に放射線グラフト重合法を利用して製造したイオン交換繊維が好適である。種々の材質及び形状の素材を利用することができるからである。さて、前記天然繊維としては羊毛、絹等が適用でき、合成繊維としては炭化水素系重合体を素材とするもの、含フッ素系重合体を素材とするもの、あるいはポリビニルアルコール、ポリアミド、ポリエステル、ポリアクリロニトリル、セルロース、酢酸セルロースなどが適用できる。前記炭化水素系重合体としては、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリブチレン、ポリブテン等の脂肪族系重合体、ポリスチレン、ポリ $\alpha$ -メチルスチレン等の芳

香族系重合体、ポリビニルシクロヘキサン等の脂環式系重合体あるいはこれらの共重合体が用いられる。また、前記含フッ素系重合体としては、ポリ四フッ化エチレン、ポリフッ化ビニリデン、エチレン-四フッ化エチレン共重合体、四フッ化エチレン-六フッ化プロピレン共重合体、フッ化ビニリデン-六フッ化プロピレン共重合体等が用いられる。

【0032】いずれにしても、前記支持体としてはガス流との接触面積が大きく、抵抗が小さい形状で、容易にグラフト化が行え、機械的強度がで、繊維くずの脱落、発生や熱の影響が少ない材料であれば良く、使用用途、経済性、効果等を考慮して適宜に選択出来るが通常、ポリエチレンが一般的でありポリエチレンやポリエチレンとポリプロピレンとの複合体が特に好ましい。次に、前記イオン交換体としては、特に限定されることなく種々の陽イオン交換体又は陰イオン交換体が使用できる。例えば、カチオン交換の場合を例にとると、カルボキシル基、スルホン酸基、リン酸基、フェノール性水酸基などの陽イオン交換基含有体、第一級～第三級アミノ基、第四アンモニウム基などの陰イオン交換基含有体、あるいは上記陽及び陰両者のイオン交換基を併有するイオン交換体が挙げられる。

【0033】具体的には、前記繊維上に例えばアクリル酸、メタクリル酸、ビニルベンゼンスルホン酸、スチレン、ハロメチルスチレン、アシルオキシスチレン、ヒドロキシスチレン、アミノスチレン等のスチレン化合物、ビニルピリジン、2-メチル-5-ビニルピリジン、2-メチル-5-ビニルイミダゾール、アクリロニトリルをグラフト重合させた後、必要に応じ硫酸、クロルスルホン酸、スルホン酸などを反応させることにより、陽又は陰イオン交換基を有する繊維状陰イオン交換体を得られる。また、これらのモノマーはジビニルベンゼン、トリビニルベンゼン、ブタジエン、エチレングリコール、ジビニルエーテル、エチレングリコールジメタクリレート、などの2個以上の2重結合を有するモノマーの共存下に繊維上にグラフト重合させてもよい。この様にして、イオン交換繊維が製造される。イオン交換繊維の直径は、1～1000 $\mu$ m、好ましくは5～200 $\mu$ mであり、繊維の種類、用途等で適宜決めることが出来る。

【0034】これらのイオン交換繊維の内、陽イオン交換基と陰イオン交換基の用い方は、対象処理気体中の被除去成分の種類や濃度によって決めることができる。例えば被除去成分を予め測定・評価し、それに見合うイオン交換繊維の種類と量を用いれば良い。アルカリ性ガスを除去したい場合は、陽イオン交換基（カチオン交換体）を有するもの、また、酸性ガスを除去したい場合は陰イオン交換基（アニオン交換体）を有するもの、また両者の混合ガスでは陽と陰の両方の交換基を有する繊維を用いることができる。イオン交換繊維は本発明者らが先に提案したように放射線グラフト重合で製造したもの

を用いると、特に効果が高いので好ましく、適宜用いることができる（特公平5-9123号、特公平5-67325号、特公平5-43422号、特公平6-24626号公報）。イオン交換繊維は、イオン性物質（成分）の捕集に効果的であり、本発明の対象とする酸性ガスやアルカリ性ガスはイオン性物質と考えられることから、これらの物質を効率良く捕集・除去できる。

【0035】特に、放射線グラフト重合により製造されたイオン交換フィルタ（繊維）は、前記支持体への照射が奥部まで均一になされるため、イオン交換体（アニオン及び／又はカチオン交換体）が広い面積（高密度に付加）に、しっかり（強固）と付加されるので、交換容量が大きくなり、かつ低濃度のイオン性物質が早い速度で高効率に除去できる効果があり、実用的に有効である。また、放射線グラフト重合による製造は、製品に近い形状でできること、室温でできること、気相でできること、グラフト率大にできること、不純物の少ない吸着フィルタができることなどの利点がある。このため、次のような特徴を有する。

① 放射線照射によるグラフト重合で製造したイオン交換繊維には、イオン交換体（吸着機能の部分）が均一に多く付加（付加密度が高い）するので吸着速度が早く、かつ吸着量が多い。

② 圧力損失が少ない。

【0036】本発明の負イオン発生における光触媒、吸着材の設置は、適用先（装置種類）、要求性能、経済性等を考慮して適宜予備試験や検討を行い決めることができる。例えば、

（1） 除塵、除菌とそう快感を得る空気清浄器、食品や植物の鮮度保持を行う食品ケースでは、負イオン発生のみを行う空気清浄装置（ユニット）でよい。

（2） （1）において、臭気やアルデヒドのようなガス状汚染物質の除去を行う空気清浄装置では光触媒の設置を行う。

（3） （1）において、NH<sub>3</sub>、SO<sub>2</sub>のようなガス状汚染物質の除去を行う空気清浄装置では吸着材の設置を行う。

本発明による負イオン発生は、気体であれば何れでも良く、空気、N<sub>2</sub>、Ar、O<sub>2</sub>等の気体に適用できる。

【0037】

【実施例】以下、本発明を実施例により具体的に説明するが、本発明は下記実施例に何ら限定されるものではない。

実施例1

図2は、病室10における空気清浄を示す説明図である。図2において、粒子状物質11（塵あい、各種菌類、微生物含有粒子）を含む空気8は、本発明の空気清浄器1で処理され、病人12の寝ている清浄空間（c）に負イオン富化の清浄空気9が供給される。病室10内では、外部より浸入する粒子状物質、及び病人12から

発生する粒子状物質（例、黄色ぶどう球菌）11により汚染されている。特に、病室10における病人12は、菌類（例、黄色ぶどう球菌）の発生があり、病室11内は菌類が蓄積され高濃度となるので、病人12への見舞いの人や看護婦への感染の危険性がある。該空気清浄器1は、図1にその詳細構成を示しており、空気の吸引と吐出を行うファン2、粗フィルタ3と、光電子放出材4-1、4-2、紫外線ランプ5、前方のメッシュサイズの異なる網を積層した電極6-1、後方の板状電極6-2より構成される。光電子放出材4-1、4-2は、紫外線照射窓13にAuを被覆したものである。

【0038】次に、夫々の作用を説明する。粗フィルタは、空気中のいわゆるほこりの様な粗い粒子状物質の捕集を行うものである。病室内10の粒子状物質11は、ファン2の作動により、粒子の捕集部（粒子の荷電・捕集部、A）に吸引される。ここでは、1,000V/cmの電場下〔光電子放出材4-1（-）極と電極6-1（+）極間の電界〕で、光電子放出材4-1に、紫外線ランプ5からの紫外線を照射すると光電子14-1が放出される。荷電・捕集部（A）に吸引された粒子状物質11は、該光電子14-1により荷電されて荷電粒子（帯電粒子）15になる。該荷電粒子15は、電荷を有するので、該電場下で電極6-1方向の力を受け移動し、電極（荷電粒子捕集材）6-1上に捕集・除去16される。本例の紫外線ランプ5は殺菌ランプ、電極材6-1はSUS製のメッシュサイズの異なる3枚の網を重ねたものである。

【0039】上記により、病室内空気8中の粒子状物質11は、電極6-1上に、長時間安定して捕集される。また、該電極6-1上の捕集粒子状物質16には紫外線（殺菌ランプ5からの殺菌線：254nm）が、長時間照射され続けるので、電極6-1上に捕集された生物粒子（黄色ぶどう球菌、細菌、カビなどの微生物類）は完全に殺菌（滅菌）される。上記のごとくして粒子除去された空気は、次いで負イオン発生部（B）にて負イオンが発生される。ここでは、50V/cmの電場下〔光電子放出材4-2（-）極と電極6-2（+）極間の電界〕で、上記のごとく光電子放出材4-2への紫外線照射により光電子14-2が放出され、負イオンが得られる。このようにして、除塵と除菌された安全な負イオン富化空気9が病室10へ供給される。該清浄空気9は安全な負イオン富化の高品質空気であり、本発明の特徴である。図2において、17はベット、18はふとんである。

#### 【0040】実施例2

実施例1における図1の空気清浄器1の別の形態を図3、4に示す。図3、4において、図1、2と同一符号は同じ意味を示す。次に、夫々の形態について、図1に対する比較を示す。

（1）図3は、図1の紫外線が照射される部分にガス状

汚染物質として病室ないの臭気（体臭：アルデヒド、高級脂肪酸、アンモニアなど）の分解・除去を行う光触媒19の設置を行ったものである。光触媒19は、流路中に照射紫外線の方向に平行に設置している。これにより、粒子と臭気性ガスが除去された負イオン富化空気9が得られる。

（2）図4は、図1の粗フィルタ3部に、吸着材（活性炭とイオン交換繊維）20の設置を行ったものである。吸着材により、病室内の臭気〔体臭：アンモニアやアミン酸のような塩基性ガス（主にイオン交換繊維で捕集）や脂肪酸のような酸性ガス（主に活性炭で捕集）〕が除去される。これにより、粒子と臭気性ガスが除去された負イオン富化空気9が得られる。

#### 【0041】実施例3

図5は、半導体工場のクラス1、000のクリーンルームに設置された粒子除去部（A）と負イオン発生部（B）を備えた清浄空気発生（除塵された負イオン富化空気）装置1を示す。該装置1は、クリーンルームの搬送装置21へ負イオン14-2の供給を行い（除電用）、電気的に安定な空間を創出するものである。該装置1は、クリーンルームのクラス1000の空気8の吸引と本装置1により得られた清浄化された（除塵）負イオン富化空気9の吐出を行うファン2、粗フィルタ3と、光電子放出材4-1、4-2、紫外線ランプ（殺菌ランプ）5、前方のメッシュサイズの異なる網を積層した電極6-1、後方の網状電極6-2より構成される。光電子放出材4-1、4-2は、板状母体にAuを被覆したものである。

【0042】夫々との作用について説明する。粗フィルタ3は、ファン2からの発塵等空気中の粗い粒子状物質の捕集を行うものである。粒子の荷電・捕集部（A）は、電場下（2,000V/cm）で、光電子放出材4に紫外線ランプ5からの紫外線を照射することにより光電子14-1を発生させ、該光電子14-1により粒子11を荷電し、荷電粒子15を電極6-1（荷電粒子捕集材）で捕集・除去16するものである。22は紫外線ランプ5からの紫外線を光電子放出材4-1、4-2に効率良く照射するための反射面、23は石英ガラス窓である。上記のごとくして上流で粒子除去された空気は、次いで負イオン発生部（B）において、負イオン14-2が発生される。

【0043】ここでは、50V/cmの電場下〔光電子放出材4-2（-）極と、電極6-2間の電界〕で、上記のごとく光電子放出材4-2への紫外線照射により光電子が放出され、負イオン14-2が得られる。このようにして、得られた清浄化負イオン富化空気9は、搬送装置21に供給され、搬送中のガラス基板24は、除電前（Dの位置）では3,000～3,500Vの電位を有するが、除電後（Eの位置）では10V以下まで下がる。本装置1により、正イオンが多いクラス1、000



のクリーンルーム空気8は、負イオン濃度5,000個／ $\text{m}^3$ のクラス1 ( $1\text{ft}^3$ 中粒径0.1 $\mu\text{m}$ 粒子の粒子個数)以下の清浄空気9が得られる。該清浄空気9は、クラス1以下まで除塵されたオゾンレスの負イオン富化の高品質空気であり、本発明の特徴である。

#### 【0044】実施例4

実施例3における図5の清浄空気発生装置1の別の形態を図6、7に示す。図6、7において、図5と同一符号は同じ意味を示す。次に、夫々の形態について、図5に対する比較を示す。

(1) 図6は、図5の紫外線が照射される部分に、ガス状汚染物質としてクリーンルーム空気中の有機性ガス(例、フタル酸エステル)及びアンモニアの除去を行う光触媒19の設置を行ったものである。光触媒19は、流路中に照射紫外線の方向に平行に設置している。これにより、ガス状汚染物質が除去されたクラス1より清浄な負イオン富化空気9が得られる。

(2) 図7は図5の粗フィルタ部3に吸着材(活性炭とイオン交換繊維)20の設置を行ったものである。吸着材20により、クリーンルーム空気中のアンモニア、アミンのような塩基性ガス(主にイオン交換繊維で捕集)や二酸化硫黄や塩化水素、フッ化水素のような酸性ガス(主に活性炭で捕集)が除去される。これにより、該ガス状汚染物質が除去されたクラス1より清浄な負イオン富化空気9が得られる。

#### 【0045】実施例5

図1に示した構成の空気清浄器1を12 $\text{m}^3$ の室内に設置し、電場下で光電子放出材に紫外線照射を行い、室内の負イオン濃度と粒子濃度を調べた。また、負イオンの効能を調べるため、発生空気をいちごに暴露し、鮮度保持について調べた。

空気清浄器の大きさ、風量; 30×30×60 $\text{cm}$ 、  
0.5 $\text{m}^3/\text{min}$ 、  
紫外線ランプ; 殺菌灯(主波長: 254 $\text{nm}$ )、  
光電子放出材; 殺菌灯の上にAuをスパッタリング法により富化したもの、  
粒子捕集部(A)における電極; SUS製のメッシュの異なる2枚の網(20メッシュと10メッシュ)を重ねたもの、  
電場: 1.5 $\text{KV}/\text{cm}$ 、  
負イオン発生部(B)における電極; 平板状SUS板、  
電場: 30 $\text{V}/\text{cm}$ 、  
負イオン濃度測定器; イオンテスター(0.4 $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{S}$ 以上の電気移動度をもつもの)、  
粒子濃度計; 粉じん計、

#### 【0046】結果

(1) 負イオン濃度と粒子濃度  
結果を表1に示す。

【表1】

		負イオン濃度 (個/ $\text{m}^3$ )	粒子濃度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
空気清浄器の作動	有り	5,000~8,000	<0.05
	無し	10~100	0.5~0.6

【0047】(比較例) 実施例5の比較として、実施例5において、粒子捕集部(A)と負イオン発生部(B)の電場を、同一の電場(1.5 $\text{KV}/\text{cm}$ 、又は30 $\text{V}$

$\text{cm}$ )を設定し、同様に調べた。結果を表2に示す。

【表2】

		電場の強さ	負イオン濃度 (個/ $\text{m}^3$ )	粒子濃度 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
空気清浄器の作動	有り	1.5 $\text{KV}/\text{cm}$	10~100	<0.05
		30 $\text{V}/\text{cm}$	2,000~2,500	0.3~0.4
	無し	なし	10~100	0.5~0.6

【0048】(2) いちごの鮮度保持

鮮度保持効果として、5℃においてカビ発生が認められる日数を調べた。結果を表3に示す。表3における比較

例は上記電極の電場が1.5 $\text{KV}/\text{cm}$ の場合である。

【表3】

	本空気清浄器作動	比較例
カビ発生が認められる日数	6~7	3~4

本空気清浄器で得られた負イオンリッチな細菌処理空気の効能を、負イオン空気を寒天培地上に吹きつけることにより、雑菌の培養を行い、吹きつけない場合と比較して調べた。吹きつけた寒天培地上にはコロニーは生成し

なかったが、吹きつけない寒天培地上にはコロニーが15個/10 $\text{cm}^2$ 生成していた。

#### 【0049】実施例6

実施例5の図1に示した構成の空気清浄器に図3、4の

ごとく、夫々光触媒、吸着材を付加し、（実施例5と同様に1.2m<sup>3</sup>の室内に設置し）運転した。試験は、室内でタバコ煙を発生させ、夫々の脱臭性能、炭化水素除去性能、アンモニア除去性能を調べた。

光触媒；石英ガラス板にTiO<sub>2</sub>をゾルーゲル法で被覆、

吸着材；活性炭素繊維と下記により製造したイオン交換繊維を合わせたもの、

アニオン交換繊維；繊維状のポリプロピレンに窒素中で電子線20Mradを照射し、次いでヒドロキシステレ

ンモノマーとイソプレンを夫々60%及び40%含む溶液に浸漬し、35℃の温度に加熱してグラフト重合反応を行った。反応後、四級アミノ化を行い、アニオン交換繊維を得た。

臭気濃度；三点比較式におい袋法で測定、

炭化水素濃度；非メタン炭化水素濃度をGC法で測定、

アンモニア濃度；化学発光法で測定、

【0050】結果

結果を表4に示す。

【表4】

	臭気濃度	炭化水素濃度 (ppm)	アンモニア濃度 (ppb)
光触媒の付加	< 5	< 0.1	1 ~ 2
吸着材の付加	< 5	0.1 ~ 0.2	< 1
上記付加無しの場合	35	0.6 ~ 0.8	120

【0051】

【発明の効果】本発明によれば次のような効果を奏することができた。

(1) 電場用電極を、粒子除去用と負イオン発生用の二つに分けて構成したことにより、

① 粒子状物質が除去された負イオン（除塵されたクリーンな負イオン）富化空気が得られた。

② 光電子放出材、紫外線及び／又は放射線源、電場用電極からなる一式（1セット）のみの装置によって、除塵されたクリーンな負イオン富化気体を得られた。即ち、装置が小型化し、除塵と負イオン発生との2つの機能を同時に備えたコンパクトな装置となった。また、小型化したので、保守点検等の装置の維持・管理が容易となった。

③ 上記に、光触媒及び／又は吸着材を設置することにより、ガス状汚染物質もコンパクトな装置で同時に除去された。それにより適用範囲（装置の種類）が広がった。

【0052】(2) 上記により、負イオンを利用する次の分野の実用性が向上した。

(a)、電気的に安定な空間を作る分野。

(b)、生体の代謝機能や生理機能を衰えさせない生体に対する快適な作業空間を作る分野。

(c)、アメニティや快適な空気環境を創出する分野。

(d) 食品の鮮度維持や菌類の増殖防止の分野。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の負イオン発生装置（空気清浄器）の一例を示す断面構成図。

【図2】病室における空気清浄を示す説明図。

【図3】本発明の負イオン発生装置（空気清浄器）の他の例を示す断面構成図。

【図4】本発明の負イオン発生装置（空気清浄器）の他の例を示す断面構成図。

【図5】本発明の負イオン発生装置（空気清浄器）の一例を設置した搬送装置の断面構成図。

【図6】本発明の負イオン発生装置（空気清浄器）の他の例を設置した搬送装置の断面構成図。

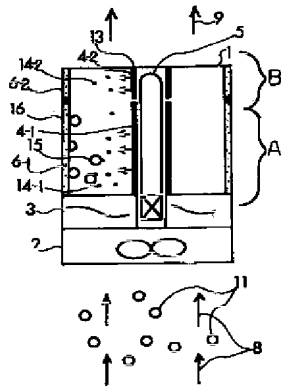
【図7】本発明の負イオン発生装置（空気清浄器）の他の例を設置した搬送装置の断面構成図。

【図8】公知の負イオン発生装置の断面構成図。

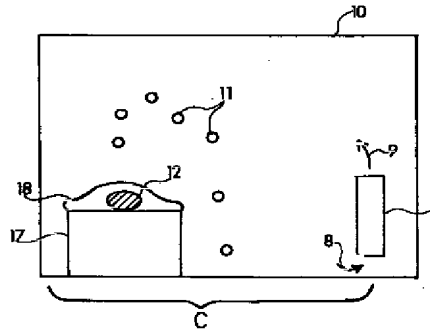
【符号の説明】

1：負イオン発生装置（空気清浄器）、2：ファン、3：粗フィルタ、4-1、4-2：光電子放出材、5：紫外線ランプ、6-1、6-2：電極、8：汚染空気、9：清浄空気、10：病室、11：粒子状物質、12：病人、13：紫外線照射窓、14-1、14-2：光電子、15：荷電粒子、16：捕集粒子、17：ベッド、18：ふとん、19：光触媒、20：吸着材、21：搬送装置、22：反射面、23：石英ガラス窓、24：ガラス基板、A：荷電・捕集部、B：負イオン発生部、C：清浄空間、D：除電前、E：除電後

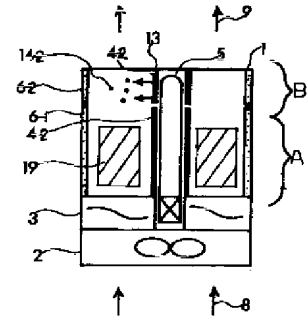
【図1】



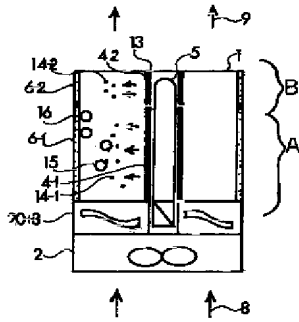
【図2】



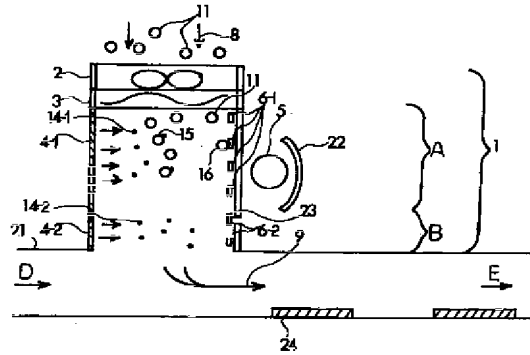
【図3】



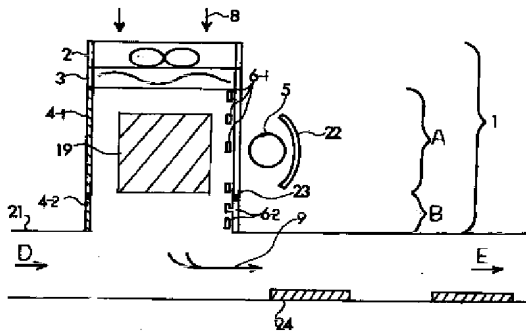
【図4】



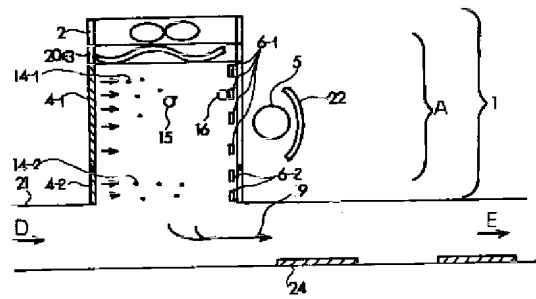
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

